

LA GEOMETRÍA ESFÉRICA EN LA COMPOSICIÓN ARQUITECTÓNICA. RETOS SUSCITADOS EN LA IDENTIFICACIÓN DE SU FORMA Y FUNCIÓN

SPHERICAL GEOMETRY IN ARCHITECTURAL COMPOSITION. CHALLENGES ARISING IN THE IDENTIFICATION OF ITS FORM AND FUNCTION

Juan M. Salmerón Núñez, Rafael García Sánchez

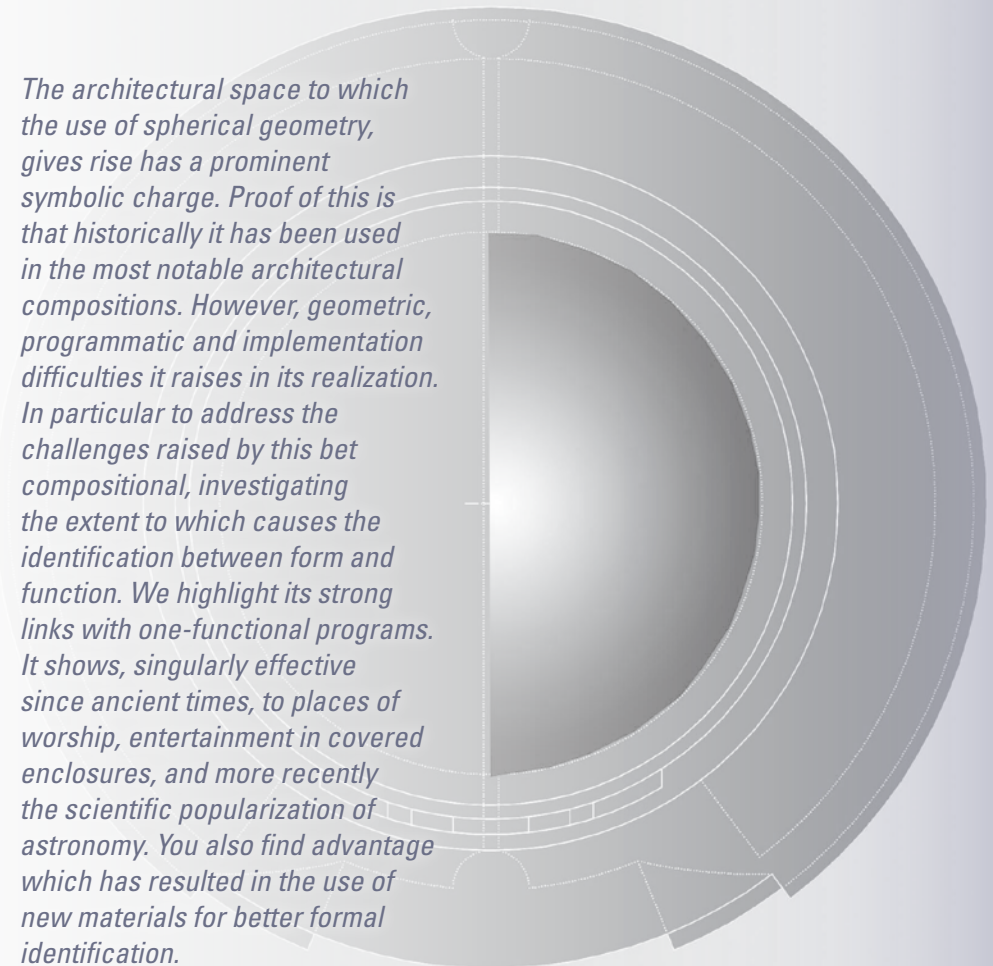
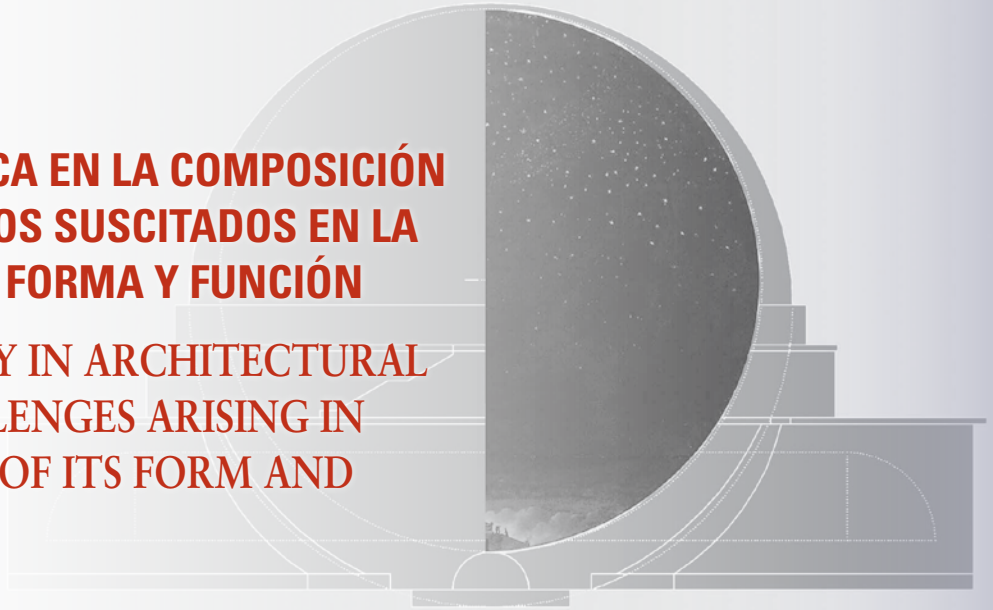
doi: 10.4995/ega.2020.11503

El espacio arquitectónico al que da lugar el uso de la geometría esférica, posee una destacada carga simbólica. Prueba de ello es que a lo largo de la historia ha sido utilizada en las más notables composiciones arquitectónicas. Sin embargo, en su materialización plantea dificultades geométricas, programáticas y de ejecución. En particular se abordan los retos suscitados por esta apuesta compositiva, indagando el alcance que provoca la identificación entre forma y función. Destacamos su fuerte vinculación a programas monofuncionales. Se muestra singularmente eficaz desde tiempos antiguos para lugares de culto, espectáculos en recintos cubiertos, y más recientemente, la divulgación científica de la astronomía. Asimismo, se constatan las ventajas que ha supuesto el uso de nuevos materiales para una mejor identificación formal.

PALABRAS CLAVE: ESFERA, COMPOSICIÓN, ARQUITECTURA, GEOMETRÍA, FORMA, FUNCIÓN

The architectural space to which the use of spherical geometry, gives rise has a prominent symbolic charge. Proof of this is that historically it has been used in the most notable architectural compositions. However, geometric, programmatic and implementation difficulties it raises in its realization. In particular to address the challenges raised by this bet compositional, investigating the extent to which causes the identification between form and function. We highlight its strong links with one-functional programs. It shows, singularly effective since ancient times, to places of worship, entertainment in covered enclosures, and more recently the scientific popularization of astronomy. You also find advantage which has resulted in the use of new materials for better formal identification.

KEYWORDS: SPHERE, COMPOSITION, ARCHITECTURE, GEOMETRY, SHAPE, FUNCTION





* Todos los dibujos de este artículo son de los autores.

* All drawings are by the authors

Primeras aproximaciones

Durante el Neolítico, se desarrolla la utilización de construcciones circulares en planta o *tholoi*. Una de las primeras es la del yacimiento arqueológico de *Khirokitia* en Chipre, del milenio VII a IV a.C. (Le Brun 2017). Esta aldea, patrimonio mundial de la humanidad, fue parcialmente reconstruida siguiendo sus trazas circulares. Similares geometrías se presentan en la Edad de los Metales. En la Península Ibérica, entre otras, la civilización de los Millares, ofrece en su yacimiento almeriense construcciones circulares con un diámetro de entre 4 y 7 metros, que se agrupan para conformar poblados rodeados de murallas defensivas. ‘La necrópolis se compone de unas 80 sepulturas de carácter colectivo’ (Calvín Velasco 2014, p. 3), destacando el *Tholo LM 17/I* por ser uno de los cuatro de mayor nivel social. Datado entre 3500 y 3100 a.C., fue reconstruido, presentando su maqueta un atrio exterior, un corredor de acceso y cámara circular en falsa cúpula, con óculo central (Calvín Velasco, 2018, fotografía maqueta).

‘Lawrence (1983, p. 38) afirma que el más grande de todos los *tholoi* tumba es el Tesoro de Atreo’, o Tumba de Agamenón en la civilización Micénica del siglo XIII a.C. Comienza con un *dromos* o pasillo semiexcavado en la loma, llegando al acceso con una fachada de 10 metros de altura. Si bien dista de un espacio esférico puro, la volumetría interior de la cámara puede modelizarse como rotación de un arco de una circunferencia, alrededor de un eje vertical (ver Fig 1.a). El contraste de oscuridad interior e iluminación natural desde su fachada, permiten percibirla, más bien, como semiesfera.

Necesidades de la antigüedad clásica

La sociedad romana, con una estructura de clases sociales e instituciones muy determinantes, fue elaborando sus propias realizaciones arquitectónicas. Así, termas, mercados, teatros, basílicas, complejos residenciales, arcos de triunfo y templos, van siendo construidos utilizando préstamos de geometría esférica. A las termas se le debe la incorporación de la cúpula semiesférica y la semicúpula –análoga a una exedra exenta–, pudiendo citar el referido por La Rocca (1994) en Pompeya, como el *frigidarium* de las Termas de Stabian. En Baiae, junto a un manantial termal se conserva una sala de baño cupulada de grandes dimensiones, con óculo central, denominado “Templo de Mercurio”. Forma parte de un Parque Arqueológico cuyo proyecto Capozzi, Picone y Visconti (2016) han divulgado.

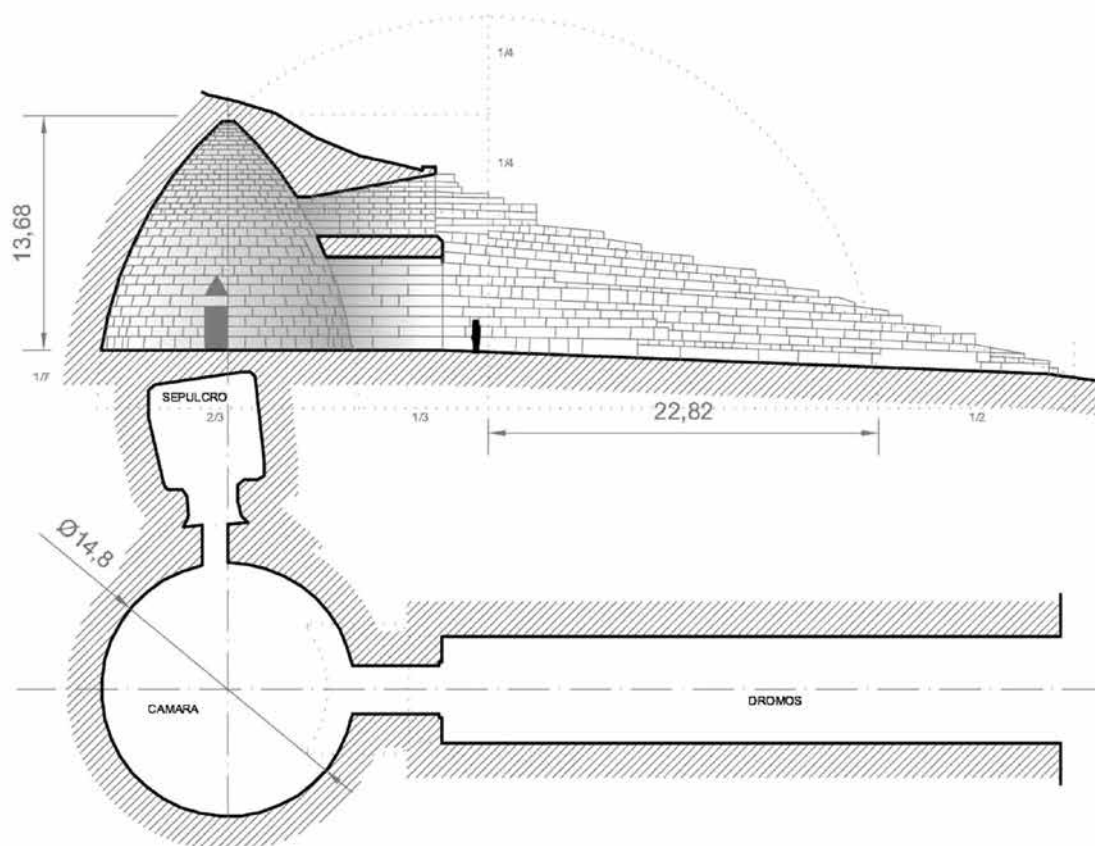
‘Vitruvio (1997, p.129) refiriéndose a las Termas, describe una habitación circular con una cúpula abovedada’. Ya en la ciudad de Roma, los Baños y el Mercado de Trajano incluían varias medias cúpulas sobre muros curvos, con dimensiones considerables de 100 pies de diámetro. Mientras las tumbas funerarias aportaban un muro cilíndrico sin ventanas, en los teatros el trazado geométrico de un plan circular y las exedras del proscenio ya lo incorporan. Entre los complejos residenciales, ‘La *Domus Aurea* de Nerón cuenta con una sala octogonal sobre la que se cierra una cúpula semiesférica dotada de óculo’ (Ball 2003, p.210). Es en la *Villa de Adriano* donde más construcciones aportan diseños con porciones de superficies es-

First approximations

During the Neolithic period, the uses of circular constructions or Tholoi were developed. One of the first of these constructions is found in the archaeological site of Khirokitia in Cyprus, from the 7thC to 9thCBC (Le Brun 2017). This village, declared a world cultural heritage, was partially rebuilt following its circular traces. Similar geometries are present in the Age of Metals. In the Iberian peninsula among others, the Millares civilisation holds in its site in Almeria, 4 to 7 metres diameter circular constructions which are gathered to form villages surrounded by defensive walls. “The necropolis is made up of 80 graves of a collective character” (Calvin Velasco 2014, p3), standing out the Tholo LM17/1, for being one those four with a higher social level. Dated between 3500 and 3100 BC, it was rebuilt as shown in its mockup, an external atrium, an access aisle and a circular chamber in a false dome with a central skylight (Clavin Velasco, 2018, mockup photo). Lawrence (1983, p38) claims that “the biggest of all Tholo graves is the Treasure of Atreus” or Agamemnon’s tomb in the Mycenaean civilization in the 13thC BC. This tomb starts with a half digged aisle in the hill reaching the access with a 10 metres high facade. This inside volumetry of the chamber is far from being a perfect spherical space but it can be modelled like the rotation of an arch of a circumference around a vertical axis (see Fig. 1 a). The contrast of the inside darkness and natural lighting from its facade allows to see it as a semi- sphere.

The needs of the classical antiquity

The Roman society, with defined social classes and institutions, developed their own architectural constructions. Thus, thermal baths, markets, theatres, basilicas, living areas, triumphal arches and temples were built using the spherical geometry. The semi-spherical dome and the semi-dome – similar to an exempt exedra– were first used in thermal baths, such as the one referred by La Rocca (1994) in Pompeii, like the Frigidarium of the Stabian Thermal. In Baiae, next to a thermal spring, it is preserved a bath room with a dome of great dimensions, with a



1.a.

central oculus called "Temple of Mercury". This belongs to an archaeological park whose Project Capozzi, Picone and Visconti (2016) have spread.

"Vitruvius (1997, p.129), referring to the baths, describes a circular room with a vaulted dome". In ancient Rome, the baths and the Market of Trajan included some half domes over curved walls, with remarkable dimensions of 100 feet diameter. While the funerary tombs incorporated a cylindrical wall with no windows, in the theatres the geometrical outline of a circular plan and the exedras of the proscenium had already incorporated it. Among the residential areas, the "Neron's Domus Aurea" contains an octagonal room with a semi-spherical dome which integrates an oculus" (Ball 2003, p.210). It is in the Hadrian Villa where there are more constructions with spherical surfaces designs. For example, the "Serapeum and the lobby of the Piazza d'oro with half-domed exedras, and the Roccabruna with a domed chamber" (Waddell 2015, p 159). The temples on circular floor are definitely the most appropriate to build spherical places. Sometimes, the gables are replaced by circular perimeter peristyles. Some other times, the central space is not covered with beams and wooden ceiling as in the Greek tradition but with domes. In this way, there are two temples constructed in Baiae; Diana

féricas. Por ejemplo, el 'Serapeum y el vestíbulo de la Piazza d'oro con una exedras en semicúpula, y el Roccabruna con su sala cupulada' (Waddell 2015, p.159).

Los templos de planta circular son, indudablemente, los más idóneos para la composición de espacios esféricos. En ocasiones se sustituyen los frontones por peristilos circulares perimetrales. Hay casos en los que el espacio central no se resuelve con vigas y techo de madera, según tradición griega, sino con cúpulas. Así son construidos dos templos en Baiae; el de Diana, y el de Venus del que 'Jacobson y Wilson Jones (1999) destacan sus cualidades geométricas', ambos cercanos a los 30 metros de diámetro. A finales del período republicano, ya se habían desarrollado las condiciones técnicas necesarias para cubrir grandes espacios abovedados. Se utilizaban para ello muros celulares con refuerzos de arcos interiores, y hormigón como material aglomerante.

La desaparición en el incendio del año 80 d.C. del templo de Agripa, en el lugar que la tradición situó la apoteosis de Rómulo, brindó al emperador Adriano la idea de construir de un Panteón o "templo de todos los dioses". Pero, a diferencia del anterior, debía emplear materiales incombustibles y estar habilitado para una duración indefinida. Su planta circular, con 150 pies de diámetro (44 metros), alberga la cúpula que será, durante bastantes siglos, la más grande del mundo. Representa simbólicamente la bóveda de los cielos donde habitan los dioses. El óculo central, límite tierra-cielo remite a esta apoteosis, dejando entrar un rayo de sol cambiante en función de la estación del año. 'En el día del nacimiento de Roma apunta directamente a la entrada (La Rocca 2015, p.69)'.

Esta cúpula se asienta sobre un tambor con su misma altura, lo que permite percibirla como figura completa, considerada desde su suelo (ver Fig. 1.b). Se aporta así,



1.a. Tumba de Agamenón, o Tesoro de Atreo, Micenas, 1350 a.C.

1.a. Agamemnon's tomb, Mycenae, 1350 BC

una armonía geométrica que ya fue enunciada siglos atrás por Euclides en su *libro XII*, y años después mediante reglas de cálculo y fórmulas matemáticas por Arquímedes en su obra *De la esfera y el cilindro*. ‘Se basa en la igualdad de superficies de una esfera y el lateral de un cilindro del mismo radio, así como la relación mediante números enteros básicos de $2/3$ entre el volumen de ambos cuerpos. Al coincidir el diámetro interior con altura total, se reproduce una simetría de superficies entre la cúpula y el tambor, es decir una relación de igualdad (Martines 2015, p.101)’.

La tradición etrusca, asumida por la religión romana, fijaba la distribución de los dioses en 16 regiones del *templum celestia*. Este hecho determina el número de exedras del muro del tambor. Otra consideración matemática está presente en las cinco filas de 28 arcos de la cúpula, expresando una idea de perfección: $1+2+4+7+14$. En cuanto a su exterior, destaca el equilibrio entre las medidas del cubo, configurado por la pieza de acceso, y el inscribible en el tambor, ya que coinciden (Fig. 1b).

Reinterpretación renacentista

La influencia del Panteón se dejó sentir Santa Sofía (s.v) emblema de la cultura Bizantina. También en el Románico Lombardo con el Duomo Antiguo o Rotonda de Brescia (s.xi). Finalmente, ‘las ideas neoplatónicas de formas perfectas volverán a dominar la composición arquitectónica durante el Renacimiento (Wittkover 1958, p.102)’. En particular, en San Pietro in Montorio, se vuelven a proponer volúmenes geométricos sencillos

para reinterpretar el espacio esférico. La simbología del lugar permitió, en una obra de muy reducido tamaño, realizar un microcosmos de evocación neoplatónico. Sobre un pequeño *podium* se levanta un templo dórico monóptero con cella. ‘Así se evoca la forma de los *tholoi* griegos y los templos circulares romanos, enlazando cultura cristiana y pagana (Suárez Quevedo 2003, p.137)’. Por un lado, la ausencia de un punto de vista principal, lo dota de clasicismo atemporal. También lo relaciona con la forma esférica que siempre es percibida de igual manera sea cual fuere el punto de vista. Por otro lado, su interior revela la forma esférica (Fig. 2.a), tal es su deuda compositiva.

El primer espacio de la cripta, de proporciones cuasi esféricas, está en contacto con el templo mediante un óculo superior. Dentro del templo, un tambor cilíndrico, con cuatro exedras, presenta más similitud con la forma esférica. El cuerpo superior se cubre con una cúpula hemisférica del mismo radio que el tambor, como ya sucedía en el Panteón. Sin embargo, aquí una linterna hace que los dos cuerpos sean tangentes, apoyándose una esfera en la otra. A su vez, la iluminación y la cornisa interior la hacen levitar, percibiéndose como si fuese completa. Los cruceros de algunas iglesias seguirán esta superposición de espacios, si bien, debido a las peculiares medidas y proporciones del templete de San Pietro, no serán tan logrados.

Impulso de la arquitectura visionaria

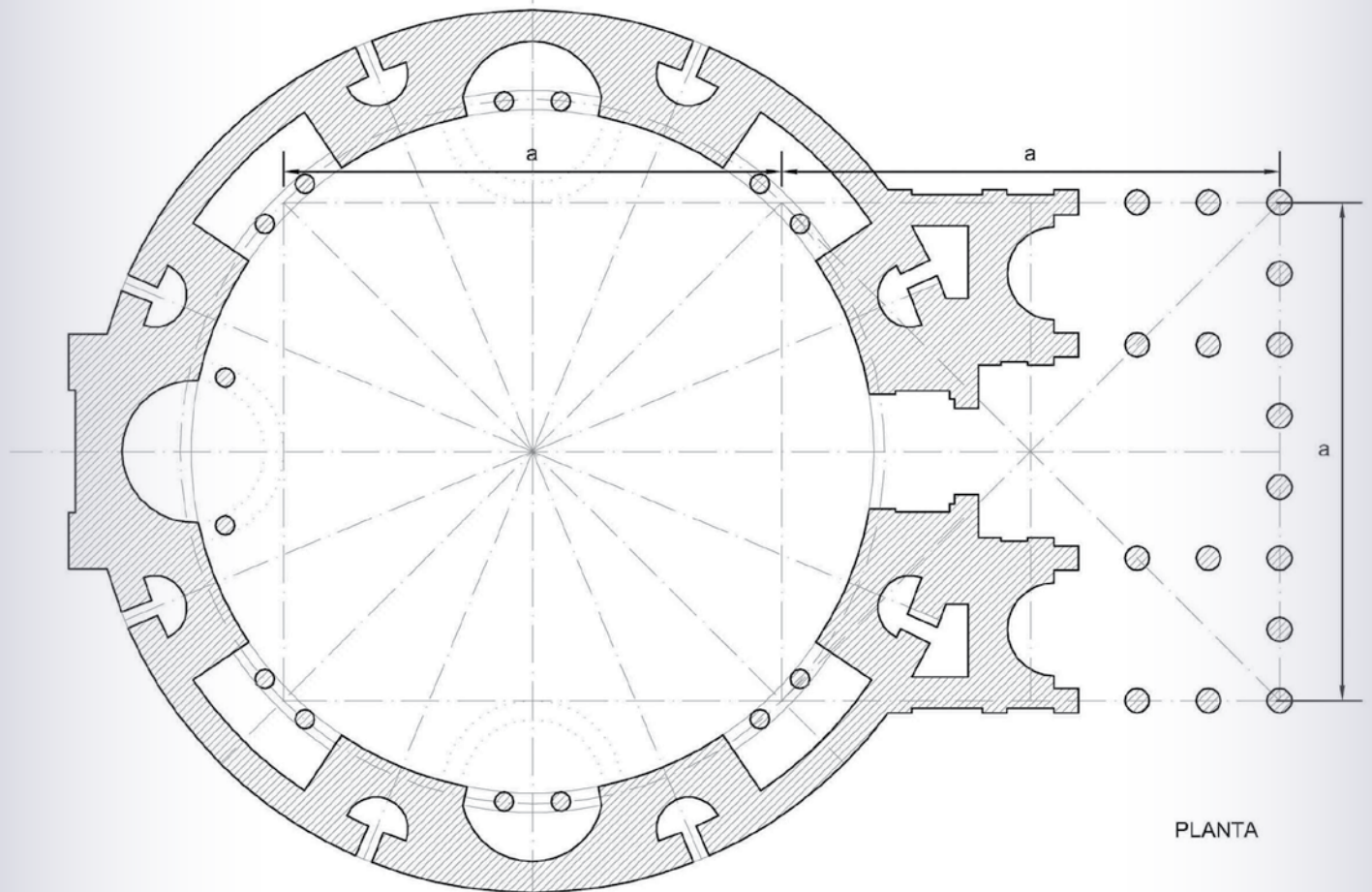
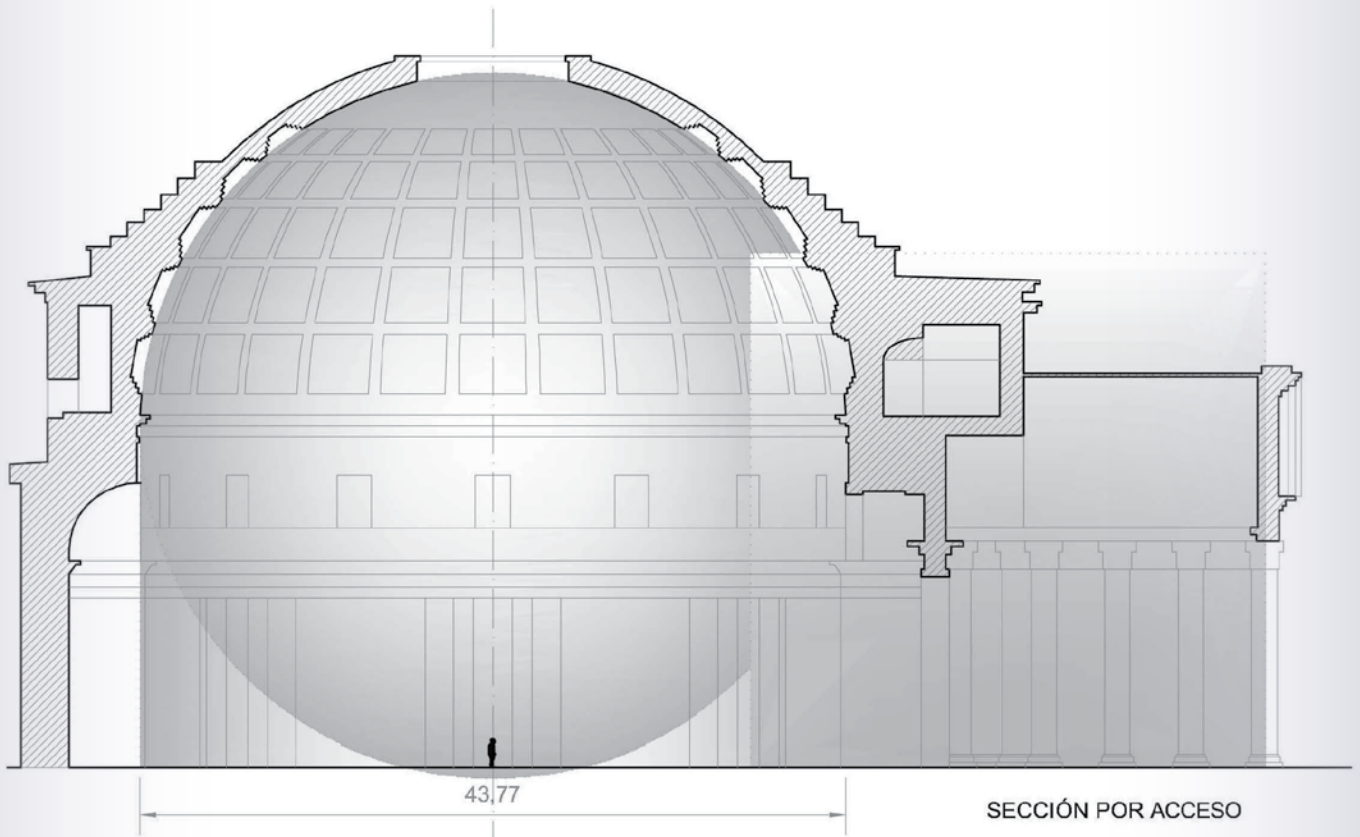
A finales del siglo xvii y en el siguiente se producen hechos científicos influyentes en torno a la forma esférica; el avance de la astronomía con

and Venus's temples of which “Jacobson and Wilson Jones (1999) highlight their geometrical features”; both are nearly 30 metres diameter. By the end of the Republican period, the necessary technical conditions had already been developed to cover big domed spaces. To build these spaces, they used cellular walls reinforced with interior arches and concrete like binding material.

The disappearance of the Agrippa's Temple due to a fire in the year 80 AD in the place that Tradition situated the Romulus' apotheosis, let the emperor Hadrian to build the Pantheon or the “Temple of all gods”. However, unlike the former temple, the latter must employ fire-resistant materials and must become an indefinite construction. Its circular floor, with 150 feet diameter (44 metres) holds the doom which will be the biggest in the world for many centuries. It symbolically represents the vault of the heaven where gods live. The central oculus, the limit between the earth and heaven referring to this apotheosis, lets a sunbeam, which varies depending on the seasons, comes into. “On the Roman birthday it points directly to the entrance (La Rocca 2015, p.69).” This doom lies on a tambour of the same height, which lets us see it as a complete figure from the ground (see Fig. 1.b).

Therefore, there happens a geometrical harmony which had been stated centuries ago by Euclid in his book XII, and years later by Archimedes through calculation rules and mathematical formulas in his work “Of the sphere and the cylinder”. This is based on the equality between the surfaces of a sphere and the side of a cylinder with the same radius and so the relation through basic integers of $2/3$ divided by the volume of both figures. Being the same the interior diameter and the total height, there happens a symmetry of surfaces or areas between the doom and the tambour, that is, a relation of equality (Martines 2015, p.101).”

The Etruscan tradition, assimilated by the Roman religion, fixed the distribution of the gods in 16 regions of the *templum celestia*. This fact determines the number of exedras of the tambour wall. Another mathematical consideration is present in the 5 lines of 28 arks in the doom, expressing an idea of imperfection: $1+2+4+7+14$. Regarding its exterior, the equilibrium among the measures





1.b. Panteón de Agripa, Roma, 125 d.C.
 2.a. San Pietro in Montorio, Bramante, 1502
 2.b. Templo de la Tierra, Lequeu, 1790

1.b. Agrippa's Pantheon, Rome, 125 AC
 2.a. San Pietro in Montorio, Bramante, 1502
 2.b. Temple of the Earth, Lequeu, 1790

la construcción de planetarios portátiles de uso didáctico, los primeros globos aerostáticos de Montgolfier, o la publicación de la *Crítica del Juicio* de Kant, serán otros estímulos hacia un acercamiento sensorial a lo esférico. 'La arquitectura visionaria en la ilustración francesa, proyectará composiciones pictóricas, como paso previo a la construcción de la imagen. Su objetivo es hacer que en nuestra fantasía... resuene el contenido del edificio (Arнау 2000,

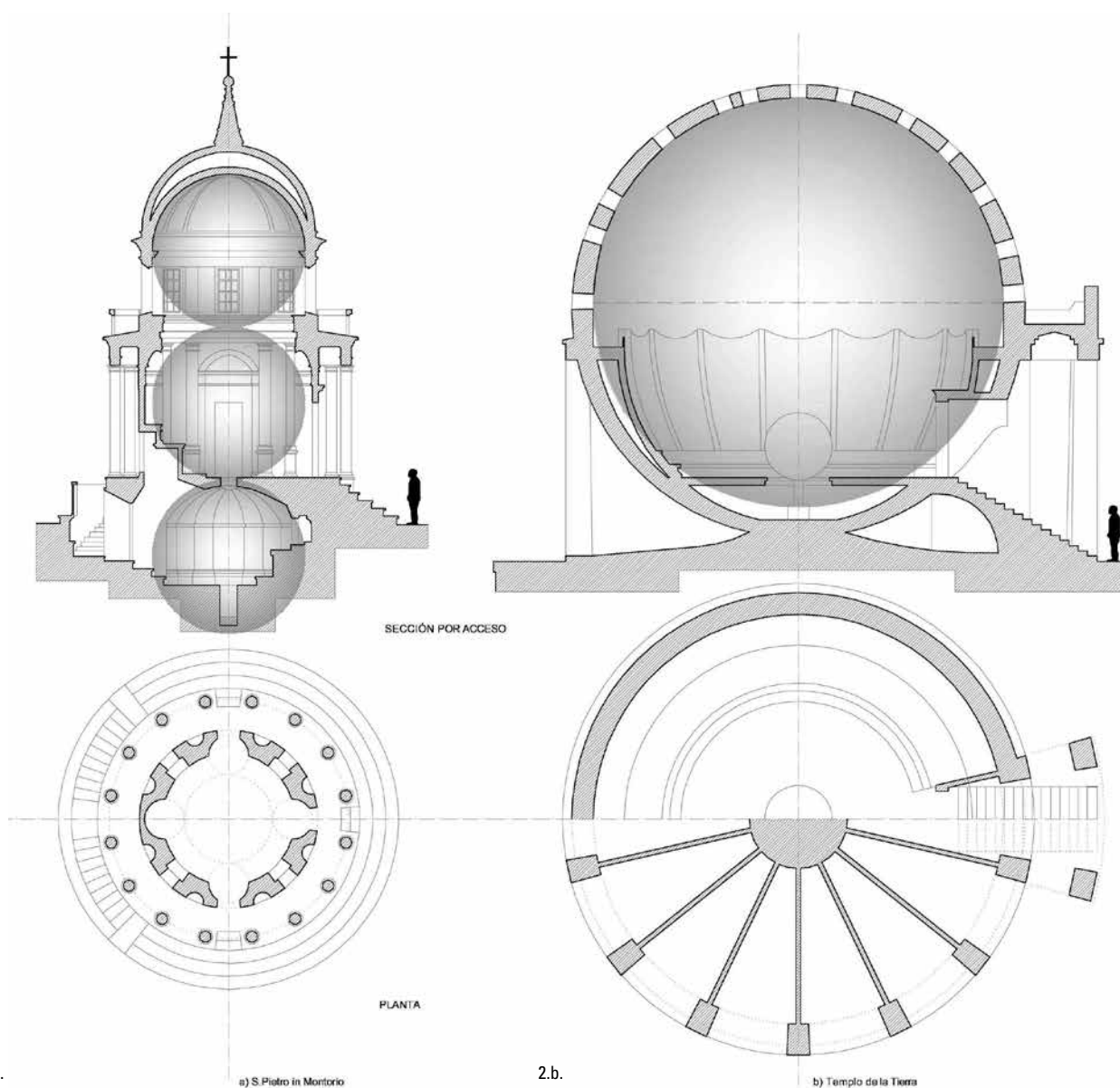
p.18)'. Y su recurso pasa por las formas geométricas puras.

El primer arquitecto en introducir la esfera completa en el diseño fue Ledoux, en 1780, con su *Maison des Gardes Agricoles*. No obstante, la esfera aparece compartimentada y dividida en niveles interiores. Diez años después, Lequeu propondrá su *Templo de la Tierra*: una esfera completa con un único espacio interior, pero de construcción materializable (Fig. 2.b). Sostenida por 14

of the cube stands out, being the cube shaped by the access part and the volume delimited by the tambour as they coincide (Fig.1b).

Renaissance reinterpretation

The influence of the Pantheon can be seen in Saint Sophia (5thC), emblem of the Byzantine culture. Similarly, in the Romanic Lombard with the old Duomo or the Brescia's rotunda (11thC). Finally, "the neo-platonic ideas of perfect shapes will dominate again the architectural composition during the Renaissance (Wittkover 1958, p.102)". Particularly, in Saint Pietro in Montorio, simple geometrical volumes are



2.a.

a) S Pietro in Montorio

2.b.

b) Templo de la Tierra



proposed to reinterpret the spherical space. The symbology of the place allowed, in a very small construction, the creation of a microcosm of neo-platonic reminiscence. Over a small podium, a monopteral doric temple with cella is erected." In this way, the shape of the greek tholoi and the roman circular temples is evocated, connecting the Christian and the pagan culture (Suárez Quevedo 2003, p.137)". On the one hand, the absence of a main point of view gives it a timeless Classicism. Besides, it relates it to a spherical shape which is always perceived in the same way despite any point of view. On the other hand, its interior reveals the spherical shape (Fig. 2.a), that becomes its compositional debt.

The first space of the vault, of quasi-spherical proportions, is connected to the temple by a superior oculus. Inside the temple, a cylindrical tambour with four exedras is more similar to the spherical shape. The superior body is covered with a hemispheric dome with the same radius of the tambour, as it happened in the Pantheon. However, here a cupola makes two bodies be tangent, one sphere supporting the other one. At the same time, the lighting and the interior cornice make it levitate, being perceived as a complete one. The crossings of some churches will follow this superposition of spaces although this will not be completely achieved in the cupola of Saint Pietro due to its peculiar measures and proportions.

The impulse of the visionary architecture

By the end of the 17TH C and during the 18thC, influential scientific discoveries about the spherical shape took place; the advance of the Astronomy together with the construction of portable planetariums of didactic use, the first Montgolfier's aerostatic hot-air balloons or the publication of Kant's Critique of Pure Reason will be other stimuli to a sensory approach to the spherical. The visionary architecture in the French Illustration will design pictorial compositions as a previous step to the construction of the image. Its aim is to make in our fantasy... echo the content of the building (Arnau 2000, p.18)". And this resource lies on pure geometrical shapes.

The first architect to introduce the complete sphere in the design was Ledoux in 1780

3.a. Cenotafio a Newton, Boullée, 1784

3.b. Sala del Centenario, Berg, 1913

4.a. Planetario Galileo Galilei, Buenos Aires, 1966

4.b. Planetario Hayden, Rosa Center, Nueva York, 1984

3.a. Newton's Cenotaph, Boullée, 1784

3.b. Centenary Room, Berg 1913

4.a. Galileo Galilee's Planetarium, Buenos Aires, 1966

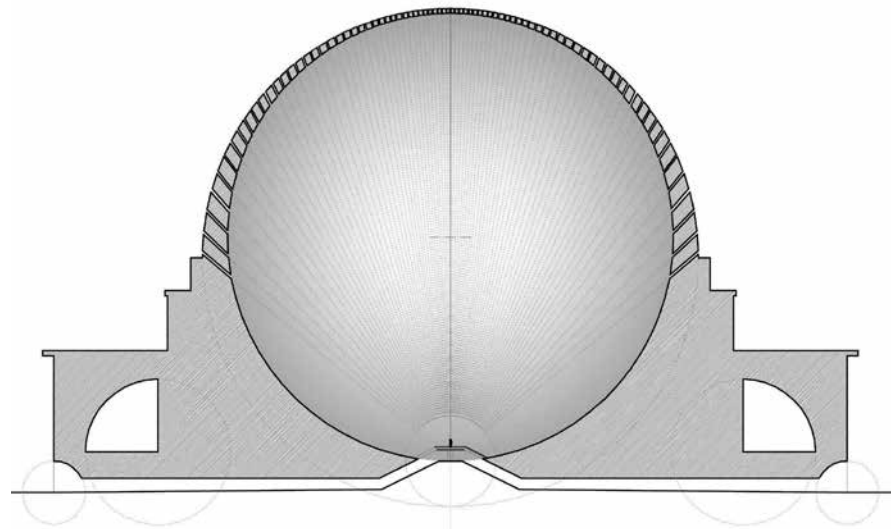
4.b. Hayden Planetarium, Rosa Center, New York, 1984

muros radiales y pilastras, su acceso conduce a un lugar de reunión alrededor de un globo terráqueo.

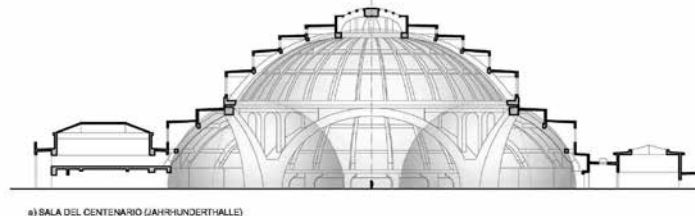
Sin embargo, es Etienne-Louis Boullée, en 1784 y coincidiendo con el centenario de la teoría de la gravitación de Newton, quien propondrá una monumental esfera vacía –unos 105 metros de diámetro– sobre un tambor cilíndrico de dos niveles. Un cenotafio que será para él santuario y que evoca la obra inmortal del espíritu en contraposi-

ción a una tumba que solo conserve los restos del cuerpo. Al respecto, Boullée comenta en su tratado que 'quería colocar a Newton en la estancia de la inmortalidad, en el cielo (1985, p.127) '.

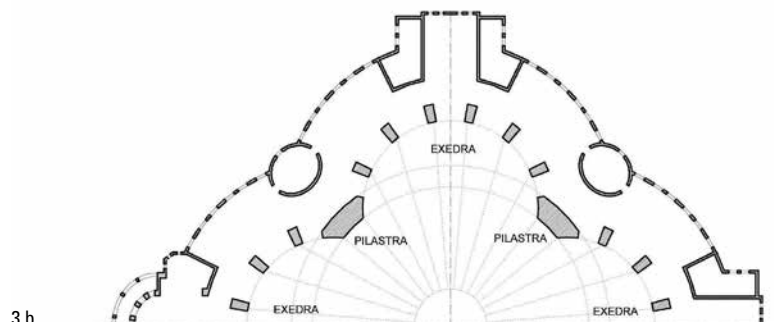
Con un acceso mediante rampa al espacio interior donde se situaría el sarcófago, el visitante ocuparía el punto donde se apoya la esfera y, por tanto, desde el que se divisa la pared interior, perforada por huecos cónicos. Durante el día genera



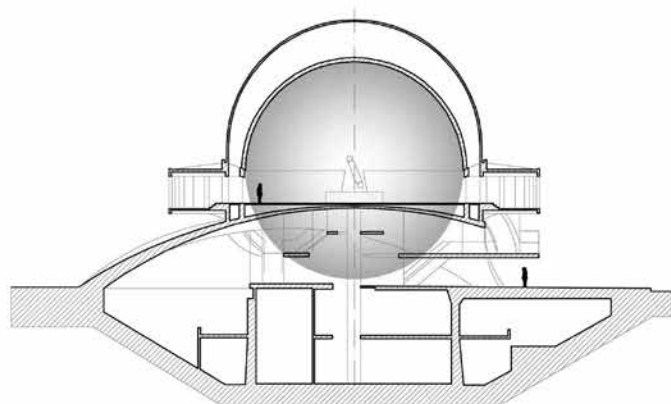
3.a.



a) SALA DEL CENTENARIO (JAHRHUNDERTHALLE)

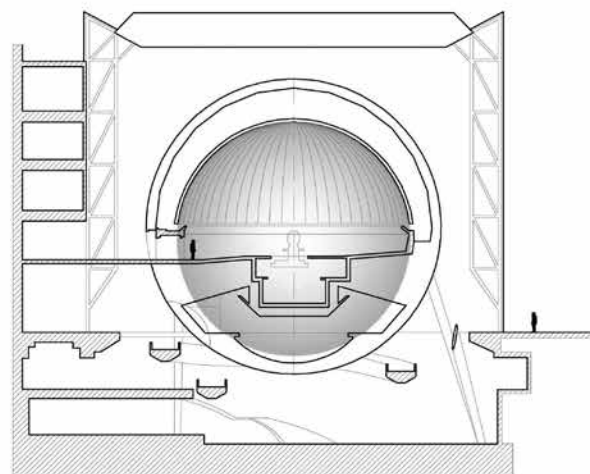


3.b.



4.a.

SECCIÓN POR ACCESO



4.b.

el efecto de firmamento de estrellas luminosas, y durante la noche es iluminada por una esfera suspendida dotada de luz (Fig. 3.a). ‘Perouse de Montclos (1983) destacó que la ubicuidad de su forma, hicieron de este proyecto el modelo de todo lo que el siglo xx creó en diseño esférico’.

Con la extensión del uso del metal en las construcciones, el siglo xix alumbrará dos globos terráqueos para usos didácticos. Fabricados con grandes medidas serán finalmente desmantelados. Son los casos de, el ‘Georama de los Campos Elíseos de París en 1824... y en Leicester Square, Londres para la Gran Exhibición de 1851 (Ricci 2004, p.362)’. Ya al comienzo del siglo xx, ‘coincidiendo con el centenario de la derrota de Napoleón en Leipzig, en la ciudad alemana de Breslavia, Max Berg proyecta la Sala del Centenario (Trauer y Gehler 1914, p.3)’.

Se trata de una obra expresionista que utilizando vigas de hormigón armado define una cúpula central, apoyada en cuatro grandes pilastras, añadiéndosele cuatro exedras. El conjunto con 95 m de luz máxima, resultó ser el mayor del mundo en su época (Fig. 3.b).

El planetario como nuevo uso arquitectónico

Uno de primeros planetarios de forma semejante al Cenotafio, el Adler en Chicago, será construido en

1930. Considerado durante mucho tiempo un sueño imposible, ‘la esfera vacía de Boullée recuperó interés después de la segunda guerra mundial, con el avance de la construcción y las mejoras en las estructuras metálicas (Faidit 2003, p.12)’. Así, en la ciudad de Buenos Aires, en 1966, se construirá el planetario Galileo Galilei, un esfera completa suspendida sobre tres láminas curvas de hormigón y con un anillo-mirador en su ecuador imitando el planeta Júpiter (Ver figura 4.a).

En el segundo centenario de la propuesta del Cenotafio de Newton, los arquitectos del planetario del Rose Center en Nueva York, lo consideraron ‘a años luz por delante de las estructuras típicas de los planetarios del pasado (Soren 1999, p.105)’. Su esfera se sitúa apoyada en pilares metálicos dentro una edificación acristalada. En su interior el espacio es aprovechado para disponer dos salas de proyecciones superpuestas (Ver Fig. 4.b).

Conclusiones

El recorrido histórico realizado, nos permite concluir que la forma esférica ha sido un elemento de referencia al que se han ido aproximando progresivamente los proyectos arquitectónicos. Para ello han ido surgiendo diferentes tipologías constructivas, mejorando paulatinamente su identificación geométrica (Fig. 5).

with his Maison des Gardes Agricoles.

Nevertheless, the sphere appears compartmentalised and divided in interior levels. Ten years later, Lequeu would propose in his Temple of the Earth: the feasible construction of a complete sphere with an only interior space (figure 2.b). Such a sphere is supported by 14 radial walls and pilasters and its access leads to a meeting place around a globe.

However, it is Etienne-Louis in 1784 –this year being the first centenary of Newton’s Law of the Universal Gravitation– who proposed a huge empty sphere –105 metres diameter– over a cylindrical tambour in two levels. It is a cenotaph which will become a sanctuary for him and which evokes the immortal work of the spirit unlike a tomb which only keeps the remains of a body. In this respect, Boullée comments on his work that “he (Etienne-Louis) wanted to place Newton in the estate of immortality, in heaven (1985, p.127).

With an access ramp to the interior space where the sarcophagus will be placed, the visitor would occupy the point where the sphere is supported and therefore, the place from where the interior wall, pierced by conical holes, is seen. During the day, it creates the effect of an illuminated stary firmament and during the night, it is illuminated by a suspended sphere (Fig. 3.a).” Perouse de Montclos (1983) emphasized that the ubiquity of its form made this project the model on which the 20th C spherical design was based. With the spread of metal use in constructions, the 19thC will throw light on two globes for didactic purposes. They were of great dimensions but finally they were dismantled. These were “The Champs Elysees Georama” in Paris in 1824... and the other one in Leicester Square, London for the Great Exhibition in 1851 (Ricci 2004, p.362). At the beginning of the 20thC, coinciding with the centenary of



Napoleon's defeat in Leipzig, the German city of Wroclaw, Max Berg designed the Centenary Room (Trauer and Gehler 1914, p.3)".

This is an expressionist work that using reinforced concrete beams, defines a central dome supported by four big pilasters adding them four exedras. The whole work, with 95 metres of maximum light, became the biggest of the world at that time (Fig. 3.b).

The planetarium as a new architectural use

One of the first planetariums similar to the Cenotaph, Adler in Chicago, would be built in 1930. It was considered during so many years as an impossible dream," the empty Boullée's sphere gained interest again after the second world war, with the advance of constructions and improvements in the metal structures (Faidit 2003,p.12)". Thus, in the city of Buenos Aires, in 1966, the Galileo Galilei Planetarium will be built; a complete sphere suspended over three curved sheets made of concrete and with a ringed-overlook in its equator imitating the planet Jupiter (see figure 4.a). In the second centenary of the proposal of Newton's cenotaph, the architects of the Rose Center's planetarium in New York, considered it as being "light-years ahead the typical structures of old planetariums" (Soren 1999, p.105)". Its sphere is supported on metal pillars within a crystal building. In the inside, space is organised in order to display two rooms of overlapping projections (see Fig. 4.b).

Conclusions

This historical journey allows us to conclude stating that the spherical form has been a reference element to which architectural projects have been progressively approaching. And to reach such an approach, different building typologies have appeared and improved step by step their geometrical identification (Fig. 5). Similarly, it is proved the symbolic suitability that the spherical form contributes in few functions. In the 20th C, there happens this link between a complete formal identification and an appropriate use: the planetarium for the scientific disclosure of the Cosmos. However, it is still possible a better use of the spherical space thank to the new technologies. In this

5. Evolución tipológica de los espacios esféricos. Relaciones en su uso

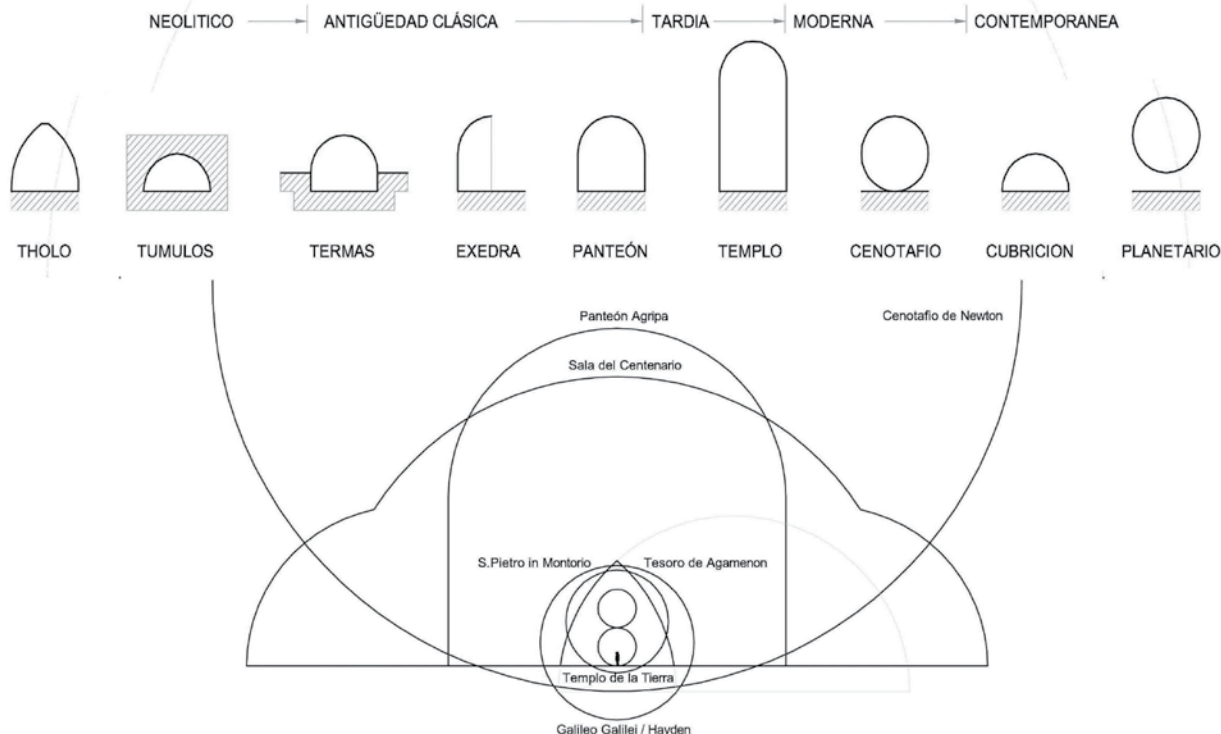
A su vez, se constata la idoneidad simbólica que aporta para unas pocas funciones. Se da la conjunción en el siglo xx de esta plena identificación formal y un uso adecuado: el planetario para la divulgación científica del Cosmos. Sin embargo, todavía es posible un mayor aprovechamiento del espacio esférico gracias al uso de las nuevas tecnologías. Así se conseguiría mayor implicación de la superficie esférica para una visualización envolvente de 360°. ■

Referencias

- ARNAU, J., 2000. *72 Voces para un diccionario de Arquitectura*. Teórica/ Celeste ediciones, Madrid.
- BALL, L. F., 2003. *The Domus Aurea and the Roman Architecture Revolution*, Cambridge University Press. Cambridge. <https://es.scribd.com/doc/153917252/Larry-F-Ball-the-Domus-Aurea-and-the-Roman-Architectural-revolution>
- BOULLÉE, E. L., 1985. *Arquitectura. Ensayo sobre el arte*. Editorial Gustavo Gili, S.A. Barcelona.
- CALVÍN VESLASCOS, M. E., 2014. Estudio, análisis y valoración social de la necrópolis calcolítica de Los Millares (Santa Fe de Mondújar, Almería), *Arqueología y Territorio* nº11. Pp. 1-13. <https://www.ugr.es/~arqueologyterritorio/PDF11/1-Calvin.pdf>
- CALVÍN VELASCO, M. E., 2018. Monumentalidad, jerarquización y control territorial: la arquitectura funeraria de El Grupo Arqueológico de Los Millares, Ponencia en *I Congreso Nacional / III Jornadas de Investigadores en Formación*.
- CAPPOZZI, R., PICONE, A., VISCONTI, F., 2016. Archeology, architecture and city: The enhancement project of the archaeological park of the baths of baiae. *International Journal of Architectural Research*. V.10, pp. 113-130. DOI: 10.26687/archnet-ijar.v10i1.621
- FAIDIT, J.-M., 2003. Spheres and Starry Temples in the Enlightenment: Boullée's Newton Cenotaph, Architectural Precursor to Planetaria?. *Planetarium, Journal of the International Planetarium Society*, Vol. 32, nº4. December, pp. 12. <https://c.ymcdn.com/sites/www.ips-planetarium.org/resource/resmgr/planetarium/v32n4-Dec2003.pdf>
- JACOBSON, D. M. & WILSON JONES, M., 1999 "The Annex of the Temple of Venus at Baiae: An Exercise in Roman Geometrical Planning," *Journal of Roman Ar-*

5. Typological evolution of spherical spaces. Relationships in their use

- chaeology* Vol. 12, nº1, pp. 57-71. <https://doi.org/10.1017/S104775940001792X>
- LA ROCCA, E., DE VOS, M. and A., 1994. *Pompei*. Milan.
- LA ROCCA, E., 2015. Agripa's Pantheon and its Origin, In MARDER, T.A., WILSON JONES, M. *The Pantheon: from antiquity to the present*. Cambridge University Press, New York. pp. 64-67.
- LAWRENCE, A.W., 1983. *Greek Architecture*. Yale University Press, (Pelican History of arts). 5º Ed., New Haven and London.
- LE BRUN, O.D., HOURANI, F., LE BRUN, A. 2017. "Khirokitia (Chypre, VIIe-VIe millénaires av. J. C.), la séquence stratigraphique dans son contexte". En VIGNE J. D., BRIOIS, F., TENGBERG M. *Nouvelles Données sur les débuts du Néolithique à Chypre*. Société préhistorique française. Paris. https://www.researchgate.net/publication/319342073_Khirokitia_Chypre_VIIe-VIe_millénaires_av_J_C_la_séquence_stratigraphique_dans_son_contexte
- LOERKE W. C., 1990. "A Rereading of the Interior Elevation of Hadrian's Rotunda," *Journal of the Society of Architectural Historians* 49, pp. 22-43. DOI: 10.2307/990497
- MARTINES, G., 2015. The Conception and Construction of Drum and Dome, In MARDER, T.A., WILSON JONES, M. *The Pantheon: from antiquity to the present* / Cambridge University Press, New York.
- PEROUSE DE MONTCLOS, J.-M., 1983. "De nova stella anni 1784", *Revue de l'art*, nº 58-59, pp. 75-84.
- SUÁREZ QUEVEDO, D., 2003. Greek Donato Bramante, 1502: Tempietto de San Pietro in Montorio (Roma) . *Anales de Historia del Arte*, Vol. 13 pp. 316-319. <http://revistas.ucm.es/index.php/ANHA/article/view/32421>
- RICCI, P., 2004. Lux ex Tenebris: Etienne-Louis Boullée's Cenotaph for Sir Isaac Newton, The Inspiration of Astronomical Phenomena . *Culture and Cosmos*, Vol.8, pp. 355-370.
- SOREN, L. A., 1999. Design Crossing Time and Space. *Architectural Record*, vol. 187, n5, p.105. <https://www.architectural-record.com/ext/resources/archives/backissues/1999-05.pdf?925531200>
- TRAUER, G., GEHLER, W., 1914. *Die Jahrhunderthalle in Breslau*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- VITRUVIO, M., 1993. *Los diez libros de Arquitectura*. Alta Fulla. Barcelona.
- WADDELL, G., 2015. Sources and Parallels for the Design and Construction of the Pantheon, In MARDER, T.A., WILSON JONES, M. *The Pantheon: from antiquity to the present* / Cambridge University Press, New York.
- WITTKOVER, R. 1958. *La Arquitectura en la edad del Humanismo*, Nueva Visión. Buenos Aires.



5

way, a greater implication of the spherical surface will be achieved in order to obtain a 360° surrounding viewing. ■

References

- ARNAU, J., 2000. *72 Voces para un diccionario de Arquitectura*. Teórica/ Celeste ediciones, Madrid.
- BALL, L. F., 2003. *The Domus Aurea and the Roman Architecture Revolution*, Cambridge University Press. Cambridge. <https://es.scribd.com/doc/153917252/Larry-F-Ball-the-Domus-Aurea-and-the-Roman-Architectural-revolution>
- BOULLÉE, E. L., 1985. *Arquitectura. Ensayo sobre el arte*. Editorial Gustavo Gili, S.A. Barcelona.
- CALVÍN VESLASCOS, M. E., 2014. Estudio, análisis y valoración social de la necrópolis calcolítica de Los Millares (Santa Fe de Mondújar, Almería), *Arqueología y Territorio* nº11. Pp. 1-13. <https://www.ugr.es/~arqueologyterritorio/PDF11/1-Calvin.pdf>
- CALVÍN VESLASCOS, M. E., 2018. Monumentalidad, jerarquización y control territorial: la arquitectura funeraria de El Grupo Arqueológico de Los Millares, Ponencia en *I Congreso Nacional / III Jornadas de Investigadores en Formación*.
- CAPPOZZI, R., PICONE, A., VISCONTI, F., 2016. Archeology, architecture and city: The enhancement project of the archaeological park of the baths of baiae. *International Journal of Architectural Research*. V.10, pp. 113-130. DOI: 10.26687/archnet-ijar.v10i1.621
- FAIDIT, J.-M., 2003. Spheres and Starry Temples in the Enlightenment: Boullée’s Newton Cenotaph, Architectural Precursor to Planetaria?. *Planetarian, Journal of the International Planetarium Society*, Vol. 32, nº4. December, pp. 12. <https://c.y.mcdn.com/sites/www.ips-planetarium.org/resource/resmgr/planetarian/v32n4-Dec2003.pdf>
- JACOBSON, D. M. & WILSON JONES, M., 1999 “The Annexe of the Temple of Venus at Baiae: An Exercise in Roman Geometrical Planning,” *Journal of Roman Archaeology* Vol. 12, nº1, pp. 57–71. <https://doi.org/10.1017/S104775940001792X>
- LA ROCCA, E., DE VOS, M. and A., 1994. *Pompei*. Milan.
- LA ROCCA, E., 2015. Agripa’s Pantheon and its Origin, In MARDER, T.A., WILSON JONES, M. *The Pantheon: from antiquity to the present*. Cambridge University Press, New York. pp. 64-67.
- LAWRENCE, A.W., 1983. *Greek Architecture*. Yale University Press, (Pelican History of arts). 5ª Ed., New Haven and London.
- LE BRUN, O.D., HOURANI, F., LE BRUN, A. 2017. “Khirkitia (Chypre, VIIe-VIe millénaires av. J. C.), la séquence stratigraphique dans son contexte”. En VIGNE J. D., BRIOIS, F., TENGBERG M. *Nouvelles Données sur les débuts du Néolithique à Chypre*. Société préhistorique française. Paris. https://www.researchgate.net/publication/319342073_Khirkitia_Chypre_VIIe-VIe_millénaires_av_J_C_la_sequence_stratigraphique_dans_son_contexte
- LOERKE W. C., 1990. “A Rereading of the Interior Elevation of Hadrian’s Rotunda,” *Journal of the Society of Architectural Historians* 49, pp. 22–43. DOI: 10.2307/990497
- MARTINES, G., 2015. The Conception and Construction of Drum and Dome, In MARDER, T.A., WILSON JONES, M. *The Pantheon: from antiquity to the present / Cambridge University Press, New York*.
- PEROUSE DE MONTCLOS, J.-M., 1983. “De nova stella anni 1784”, *Revue de l’art*, nº 58-59, pp. 75-84.
- SUÁREZ QUEVEDO, D., 2003. Greek Donato Bramante, 1502: Tempietto de San Pietro in Montorio (Roma). *Anales de Historia del Arte*, Vol. 13 pp. 316-319. <http://revistas.ucm.es/index.php/ANHA/article/view/32421>
- RICCI, P., 2004. Lux ex Tenebris: Etienne-Louis Boullée’s Cenotaph for Sir Isaac Newton, The Inspiration of Astronomical Phenomena. *Culture and Cosmos*, Vol.8, pp. 355-370.
- SOREN, L. A., 1999. Design Crossing Time and Space. *Architectural Record*, vol. 187, nº5, p.105. <https://www.architecturalrecord.com/ext/resources/archives/backissues/1999-05.pdf?925531200>
- TRAUER, G., GEHLER, W., 1914. *Die Jahrhunderthalle in Breslau*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- VITRUVIO, M., 1993. *Los diez libros de Arquitectura*. Alta Fulla. Barcelona.
- WADDELL, G., 2015. Sources and Parallels for the Design and Construction of the Pantheon, In MARDER, T.A., WILSON JONES, M. *The Pantheon: from antiquity to the present / Cambridge University Press, New York*.
- WITTKOVER, R. 1958. *La Arquitectura en la edad del Humanismo*, Nueva Visión. Buenos Aires.